

(19)



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer:

0 303 944
A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 88112934.0

(51) Int. Cl. 4: B06B 1/02 , B05B 17/06

(22) Anmeldetag: 09.08.88

(30) Priorität: 17.08.87 CH 3155/87

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
22.02.89 Patentblatt 89/08(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI NL SE(71) Anmelder: SATRONIC AG
Brüelstrasse 7
CH-8157 Dielsdorf(CH)(72) Erfinder: Konrad, Manfred, Dr.
Talackerstrasse 25
CH-8152 Opfikon-Glattbrugg(CH)(74) Vertreter: EGLI-EUROPEAN PATENT
ATTORNEYS
Horneggstrasse 4
CH-8008 Zürich(CH)

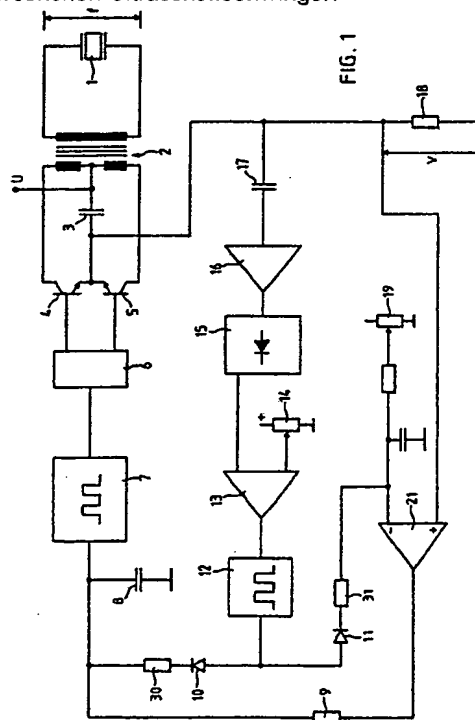
(54) Verfahren und Schaltung zur Anregung eines Ultraschallschwingers, und deren Verwendung zur Zerstäubung einer Flüssigkeit.

(57) Ein Regelkreis (1,18,19,21,9,8,7,6,5,4,3,2) umfasst den Ultraschallschwinger (1) und den spannungsgesteuerten Oszillator (7). Er hält die Wirkleistungsaufnahme auf einem Sollwert (19), der in einem Komparator (21) mit der momentanen Wirkleistungsaufnahme verglichen wird. Ein Ausgang eines Rechteckoszillators (12) ist mit dem Steuereingang des spannungsgesteuerten Oszillators (7) verbunden. Dieser Rechteckoszillator (12) wird in Betrieb gesetzt, wenn im Regelkreis keine Regelschwingungen oder nur solche auftreten, die kleiner sind als ein vorbestimmter Schwellenwert (14). Der Ausgang des Rechteckoszillators (12) ist über eine Diode (10) mit dem Steuereingang des spannungsgesteuerten Oszillators und über eine andere Diode (11) mit dem Steuereingang des Komparators (21) verbunden.

Der Regelkreis stellt die Wirkleistung mittels der Anregungsfrequenz zwischen der Serienresonanz und der Parallelresonanz ein. Am Oszillator (7) wird das Zusatzsignal zusätzlich zum Regulationssignal des Regelkreises angelegt. Die Periode des Zusatzsignals ist länger als die Änderungszeitkonstante am Steuereingang des Oszillators (7) und der Hub des Zusatzsignals ist so bemessen, dass die Frequenz des Oszillators (7) einen vorbestimmten Frequenzbereich durchläuft. Der vom Regelkreis allein erzeugbare Frequenzhub kann kleiner sein als der Frequenzabstand zwischen der Serienresonanz und der

Parallelresonanz. Die Spannung am Ultraschallschwinger (1) kann von konstanter Amplitude sein.

Eine Verwendung ist die Zerstäubung einer Flüssigkeit durch einen mit einem Zerstäuberteller versehenen Ultraschallschwinger.



EP 0 303 944 A1

Verfahren und Schaltung zur Anregung eines Ultraschallschwingers, und deren Verwendung zur Zerstäubung einer Flüssigkeit

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltung zur Anregung eines Ultraschallschwingers sowie deren Verwendung zur Zerstäubung einer Flüssigkeit.

Die Möglichkeit, Flüssigkeiten mit Hilfe von piezoelektrischen Ultraschallschwingern zu zerstäuben, ist wohl bekannt. Beispielsweise sind im Aufsatz von W.-D. Drews "Flüssigkeitszerstäubung durch Ultraschall" in "Elektronik" (1979), Heft 10, Seiten 83-90 das Prinzip dieses Verfahrens, ein mit einem Zerstäuberteller versehener Ultraschallschwinger und eine Schaltung zur Anregung dieses Ultraschallschwingers kurz beschrieben.

Die technische Realisierung der Zerstäubung einer Flüssigkeit mit Hilfe eines Ultraschallschwingers wird aber durch mehrere Probleme erschwert:

Da eine Zerstäubung nur in der Nähe der Resonanz des Ultraschallschwingers (samt seinem Zerstäuberteller) möglich ist, muss die nötige Anregungsfrequenz sehr genau eingehalten werden. Das Einrasten des Oszillators der Anregungsschaltung auf eine Scheinresonanz, die keiner wirksamen Zerstäubung entspricht, muss mit Sicherheit ausgeschlossen werden.

Die Anregungsschaltung muss in der Lage sein, Veränderungen der nötigen Anregungsfrequenz als Funktion verschiedener Parameter aufzufangen. Solche Parameter sind beispielsweise die Fertigungstoleranzen der mechanischen Komponenten des Ultraschallschwingers (insbesondere seines Zerstäubertellers), die Variationen der mechanischen und elektrischen Kenngrößen der zu seiner Herstellung verwendeten Piezokeramik, die Betriebstemperatur des Ultraschallschwingers (sehr wichtig bei der Verwendung in Brennern), die Alterung des Ultraschallschwingers, die sich darauf bildenden Ablagerungen (wie z.B. Russ und Harze bei der Anwendung in Brennern), und auch die Fertigungs-, Justier- und sonstigen Toleranzen in der Anregungsschaltung.

Die sichere Erkennung eines Aussetzens der Zerstäubung muss gewährleistet sein. Wenn das Aussetzen durch am Zerstäuberteller hängenbleibende Tröpfchen verursacht wird, muss auch ihr Abschleudern vom Zerstäuberteller gewährleistet sein.

Eine praktische Anforderung an die industrielle Einsetzbarkeit ist die Austauschbarkeit der Anregungsschaltung und des Ultraschallschwingers selbst oder gegebenenfalls dessen Zerstäubertellers, und zwar ohne jegliche Ab-

gleicharbeiten und ohne hohen Toleranzanforderungen an die Ersatzteile.

Zur Erreichung des bestmöglichen Wirkungsgrades muss sich die Zerstäubungsfähigkeit des Ultraschallschwingers bzw. dessen Zerstäubertellers selbsttätig regeln können, ohne dass eine Bedienungsperson eingreifen und z.B. die Anregungsspannung oder das Tastverhältnis der Ansteuerfrequenz verändern muss.

Zur Lösung dieser Probleme wurden bereits verschiedene Verfahren bzw. Schaltungen vorgeschlagen.

In DE-3222425 wurde vorgeschlagen, den Ultraschallschwinger über ein Anpassnetzwerk anzuregen, das unter anderem dazu bestimmt ist, das Anschwingen des Ultraschallschwingers auf Oberwellen seiner Resonanzfrequenz zu unterdrücken. Die Gleichstromkomponente des Resonatorstroms dient der Regelung des Anregungsstromes und die Wechselstromkomponente des Resonatorstroms dient der Regelung der Anregungsfrequenz, wobei ein Bandpass nur die Frequenzkomponente auf der Resonanz-Sollfrequenz des Ultraschallschwingers durchlässt. Bei Ausfall der Resonanz wird die Anregungsfrequenz gewobbeln, um den Resonanzpunkt zu durchlaufen und das Wiedereinrasten zu erreichen. Nachteilig ist bei dieser Lösung, dass die Schaltung auf den Ultraschallschwinger und insbesondere auf seine Resonanz-Sollfrequenz abgestimmt ist, so dass der Betrieb des Ultraschallschwingers den Änderungen einiger der vorstehend aufgeführten Parameter nicht nachgeführt werden kann und auch die leichte Austauschbarkeit von Komponenten durch Ersatzteile nicht gewährleistet ist. Eine zuverlässige Funktion ist beim Anschwingen vor allem unter Last und bei sich ändernden Betriebsbedingungen nicht gewährleistet, da sich die Impedanz und damit die Phasenbeziehungen zwischen Strom und Spannung des Ultraschallschwingers bei Belastungsänderungen stark ändern und damit eine Nachführung der optimalen Schwingfrequenz, abgeleitet aus Phasenbeziehungen zwischen Strom und Spannung im Ultraschallschwinger, nicht möglich ist. Mittels einer Induktivität eine echte Kompensation der Kapazität des Ultraschallschwingers zu erreichen, ist wegen der sich bei Belastungsänderungen ändernden Kapazität nicht möglich.

In etwas anderer Ausbildung wurde ähnliches in US-4275363 vorgeschlagen, wobei auch die gleichen, vorstehend erwähnten Nachteile entstehen.

In DE-3314609 wurde vorgeschlagen, den Ultraschallschwinger mit getakteter Anregungslei-

stung ("Bursts") unter Verwendung von jeweils verschiedenen Werten der Anregungsleistung zu betreiben. Nachteilig ist dabei, dass für den Frequenzabgleich und die Steuerung der Anregungsleistung nicht das Resonanzverhalten des Ultraschallschwingers, sondern das freie Abklingen seiner Schwingung herangezogen werden, was grundsätzlich keine mit dem Istzustand linear variierende Werte liefern kann.

In etwas anderer Ausbildung wurde ähnliches in DE-3401735 vorgeschlagen, wobei auch die gleichen, vorstehend erwähnten Nachteile entstehen.

In DE-3534853 wurde vorgeschlagen, den Ultraschallschwinger mit getakteter Anregungsleistung ("Bursts") zu betreiben und für den automatischen Frequenzabgleich eine Strommessung zu und während ganz bestimmten Zeiten vorzunehmen. Nachteilig und insbesondere kostspielig ist dabei die nötige Zwischenspeicherung des Wertes der Strommessung sowie die genaue Synchronisation der Mess- und Steuerabläufe.

Aufgabe der Erfindung ist es, die vorangehend erwähnten Nachteile auf kostengünstige Weise zu überwinden.

Diese Aufgabe wird durch das im Anspruch 1 angegebene Verfahren gelöst. Eine Schaltung zur Ausführung dieses Verfahrens ist im Anspruch 4 angegeben. Vorteilhafte Weiterbildungen des erfindungsgemässen Verfahrens und der erfindungsgemässen Schaltung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Im nachstehenden wird ein Beispiel einer Ausbildung der Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer erfindungsgemässen Schaltung zur Anregung eines Ultraschallschwingers, und

Fig. 2 den Verlauf der Spannung an einem in Fig. 1 dargestellten Strommesswiderstand als Funktion der Anregungsfrequenz des Ultraschallschwingers.

Die in Fig. 1 dargestellte Schaltung zur Anregung eines Ultraschallschwingers umfasst einen Ultraschallschwinger 1, dessen an sich bekannter Zerstäuberteller nicht dargestellt ist. Der Ultraschallschwinger 1 wird über einen Transformator 2 angeregt, der eine galvanische Trennung des Ultraschallschwingers 1 gewährleistet und gegebenenfalls (je nach seinen Windungsverhältnissen) die Anregung mit verschiedenen Spannungswerten der Spannungsquelle U gestattet. Zwei Transistoren 4 und 5 bilden eine Gegentakt-Endstufe der Schaltung, sie schalten wechselseitig die Spannungsquelle U auf je eine Hälfte der Primärwicklung des Transformators 2 durch. Der Anregungsstromkreis wird über einen Strommesswiderstand 18 geschlossen. Ein Kondensator 3 führt die Stromänderungen direkt von den Transistoren 4 und 5 auf die

Spannungsquelle U zurück und bewirkt dadurch, dass der am Strommesswiderstand 18 auftretende Spannungsabfall V einen Gleichspannungsanteil aufweist, welcher der Gleichstromaufnahme der Endstufe proportional ist. Eine Treiberstufe 6 liefert die für die Transistoren 4 und 5 notwendigen phasenrichtigen Signale. Der spannungsgesteuerte Oszillator 7 erzeugt die Frequenz f, mit welcher die Anregung des Ultraschallschwingers 1 erfolgt.

Da die Verluste in den Transistoren 4 und 5, im Transformator 2, im Kondensator 3 sowie die durch Blindströme hervorgerufenen Verluste in der Sekundärspule des Transformators 2 (aufgrund der Schwingerkapazität) genügend klein gehalten werden können, ist der Gleichspannungsabfall am Widerstand 18 ein direktes Mass für die vom Ultraschallschwinger 1 aufgenommene Wirkleistung. Diese ist ihrerseits ein brauchbares Mass für die Zerstäubungsleistung.

Fig. 2 zeigt den Verlauf des Gleichspannungsanteils, d.h. gegebenenfalls des zeitlichen Mittelwerts der Spannung V am Strommesswiderstand 18, also auch den Verlauf der vom Ultraschallschwinger 1 aufgenommenen Wirkleistung, als Funktion der Schwingungsfrequenz f des Ultraschallschwingers 1. Auf der Abszisse sind die Schwingungsfrequenzen f und auf der Ordinate die am Strommesswiderstand 18 gemessene Spannungen V eingetragen. Die in Fig. 2 dargestellte Kennlinie entspricht durchaus dem gut bekannten Impedanzverlauf (bzw. Reaktanzverlauf) eines Resonanzsystems wie das eines Piezoschwingers. Das auf Fig. 2 erkennbare Maximum entspricht der sich aus dem bekannten Ersatzschaltbild eines Schwingers ergebenden Serienresonanz, das erkennbare Minimum entspricht der sich aus demselben Ersatzschaltbild ergebenden Parallelresonanz. Das Verhältnis zwischen Maximum und Minimum wird im wesentlichen durch das Impedanzverhalten des Ultraschallschwingers 1 festgelegt. Zwischen dem Maximum und dem Minimum liegt eine abfallende Flanke der Kennlinie, auf der beispielsweise bei einer Frequenz f_1 eine grosse, bei einer Frequenz f_2 eine kleine Zerstäubungsleistung erhalten wird. Alle Anregungsfrequenzen, die zu im praktischen Betrieb des Ultraschallschwingers 1 auftretenden Resonanzen desselben führen, liegen zwischen einer unteren Grenzfrequenz f_A und einer oberen Grenzfrequenz f_B , deren Mittelwert $f_M = (f_A + f_B)/2$ in Nähe der maximalen Wirkleistung liegt.

Der Oszillator 7 der Fig. 1 ist ein mit handelsüblichen Bauelementen aufgebauter spannungsgesteuerter Oszillator. Der zulässige Spannungshub an seinem Steuereingang ist vorgegeben, der entsprechende Frequenzhub an seinem Frequenzausgang ist auf bekannte Weise durch den Wert von am Oszillator 7 anschliessbaren, in Fig. 1 nicht dargestellten Widerständen und/oder Kondensato-

ren einstellbar.

Die am Strommesswiderstand 18 abgegriffene Spannung V wird mit einer an einem Potentiometer 19 einstellbaren Spannung im Komparator 21 verglichen. Das Ausgangssignal des Komparators 21 wird mit dem aus einem Widerstand 9 und einem Kondensator 8 gebildeten RC-Glied geglättet und dem Oszillator 7 als Steuerspannung zugeführt. Mit dem Potentiometer 19 kann somit ein definierter Betriebspunkt an einer Flanke der Kennlinie der Fig. 2 eingestellt und festgehalten werden. Der Oszillator 7, die Treiberstufe 6, die Transistoren 4 und 5, der Kondensator 3, der Transformator 2, der Widerstand 18, der Komparator 21, der Widerstand 9 und der Kondensator 8 bilden nämlich zusammen einen Regler, und zusammen mit diesem Regler bildet eine Regelstrecke, die durch den Ultraschallschwinger 1 gegeben ist, einen Regelkreis.

Der Oszillator 7 ist nun so eingestellt, dass mit dem an seinem Steuereingang (also auch am Kondensator 8) anliegenden, vom Komparator 21 erzeugbaren Steuerspannungshub nur Frequenzen zwischen f_A und f_B , also nur in einem engen Bereich um die Serienresonanz und die Parallelresonanz herum erzeugt werden. Es ist noch besser, wenn die erzeugbaren Frequenzen in einem Bereich liegen, der innerhalb des Bereiches zwischen der Serienresonanz und der Parallelresonanz liegt und deutlich kleiner ist, wie beispielsweise der Bereich zwischen f_1 und f_2 . Das Einrasten der Generatorschaltung auf zusätzliche Resonanzen, die sich durch eine Abstimmung zwischen dem Transformator 2 und dem Ultraschallschwinger 1 ergeben können und nicht zu einer wirksamen Zerstäubung führen, ist damit ausgeschlossen. Eine besondere Abstimmung zwischen dem Transformator 2 und dem Ultraschallschwinger 1 ist dadurch weder notwendig noch erwünscht, und es erübrigt sich dadurch auch der Aufwand für einen Filter in einer Resonanzerkennungsschaltung.

Der grosse Verstärkungsfaktor am Komparator 21 ergibt im Zusammenhang mit dem davon erzeugbaren Steuerspannungshub eine Zweipunktregelung. Diese bewirkt, dass der Ultraschallschwinger 1 nur bei einer solchen Frequenz betrieben wird, die einer vorbestimmten Soll-Wirkleistungsaufnahme entspricht. Ausserdem ist der Betrieb des Ultraschallschwingers 1 aufgrund der Zweipunkt-Regelcharakteristik nur bei einer der beiden Frequenzen möglich, die der Soll-Wirkleistungsaufnahme entsprechen (z.B. auf der höherfrequenten Flanke der in Fig. 2 dargestellten Kennlinie und bei der Frequenz f_1).

Der vorstehend definierte Regelkreis ist nun so ausgelegt, dass definierte Regelschwingungen auftreten. Dies wird im wesentlichen dadurch erreicht, dass der vom Komparator 21 erzeugte Steuerspannungshub von dem aus dem Widerstand 9 und

dem Kondensator 8 gebildeten RC-Glied nur unvollständig geglättet wird. Die entsprechenden Regelschwingungen, die sich in einem Wobbeln der Anregungsfrequenz und der Schwingungsfrequenz f des Ultraschallschwingers 1 und folglich in einem dem Gleichspannungsanteil überlagerten Wechselspannungsanteil in dem am Strommesswiderstand 18 auftretenden Spannungsabfall V äussern, sind durch das Zusammenwirken des vorgenannten, aus dem Widerstand 9 und dem Kondensator 8 gebildeten RC-Glied mit dem Strommesswiderstand 18 und dem Kondensator 3 sowie mit dem Verstärkungsfaktor am Komparator 21 und der Wirkleistungskennlinie des Ultraschallschwingers 1 gegeben.

Da der Ultraschallschwinger 1 integraler Bestandteil des Regelkreises ist, können dies Regelschwingungen nur dann auftreten, wenn der Ultraschallschwinger 1 die in Fig. 2 dargestellte Kennlinie aufweist. Dies ist nur dann der Fall, wenn er ordnungsgemäss zerstäubt. Wird er durch hängenbleibende Tröpfchen zu stark gedämpft, so kann er kein ausgeprägtes Resonanzverhalten gemäss der in Fig. 2 dargestellten Kennlinie zeigen und die Regelschwingungen treten nicht oder nur sehr schwach und unregelmässig auf.

Daher kann das Auftreten von definierten Regelschwingungen des Regelkreises als zuverlässiges Kriterium für eine ordnungsgemässe Zerstäubung genommen werden. Um diese Regelschwingungen zu erkennen, wird der Wechselspannungsanteil in dem am Strommesswiderstand 18 auftretenden Spannungsabfall V durch einen Kondensator 17 abgekoppelt und durch einen Verstärker 16 verstärkt. Ein Gleichrichter 15 liefert eine Gleichspannung als Mass der Amplitude der verstärkten Regelschwingungen. Ein Komparator 13 entscheidet durch Vergleich dieser Gleichspannung mit einer durch einen Potentiometer 14 einstellbaren Sollspannung, ob die Regelschwingungen genügend gross sind. Sind die Regelschwingungen nicht vorhanden oder zu schwach (was z.B. auch beim Einschalten des Generators vorkommt), so wird ein Oszillator 12, der im vorliegenden Beispiel ein Rechteck-Oszillator ist, gestartet, so dass an seinem Ausgang wechselweise eine höhere und eine niedrigere Spannung erscheint. Sind die Regelschwingungen jedoch genügend gross, so wird bzw. bleibt der Oszillator 12 ausgeschaltet und durch Dioden 10 und 11 vom Regelkreis abgekoppelt.

Beim Erscheinen der höheren Spannung am Ausgang des Oszillators 12 wird über die Diode 10 und den Widerstand 30 die Steuerspannung am Steuereingang des Oszillators 7 (also auch am Kondensator 8) erhöht, so dass der Oszillator 7 nach einer durch den Widerstand 9, den Widerstand 30 und den Kondensator 8 gegebenen Zeit-

konstante die obere Grenzfrequenz f_B erzeugt. Gleichzeitig wird die Sollstrom-Anforderung am Eingang des Komparators 21 über eine Diode 11 und einem Widerstand 31 erhöht. Damit wird ein Betriebspunkt des Ultraschallschwingers 1 im oberen Bereich der in Fig. 2 dargestellten Kennlinie erzwungen. Beim darauffolgenden Erscheinen der niedrigeren Spannung am Ausgang des Oszillators 12 wird dieser über die Dioden 10 und 11 vom Regelkreis abgekoppelt. Der Kondensator 8 entlädt sich dabei über den Widerstand 9, weil die Sollspannung am Komparator 21 zu diesem Zeitpunkt höher ist als die Ist-Spannung und daher der Komparatorausgang die niedrigere Ausgangsspannung führt (die Sollspannung liegt am invertierenden Eingang). Folglich sinkt die vom Oszillator 7 erzeugte Frequenz von f_B in Richtung f_A . Dabei wird die Periode des Oszillators 12 im Verhältnis zur Zeitkonstante der Entladung des Kondensators 8 gross genug gewählt, um zu gewährleisten, dass der volle Frequenzbereich zwischen f_B und f_A durchlaufen wird.

Solange die Ursache der Verstimmung des Ultraschallschwingers 1 nicht behoben ist (solange der Ultraschallschwinger 1 noch nicht auf die Anregungsfrequenz eingerastet oder das hängengebliebene Tröpfchen noch nicht abgeschüttelt worden ist), findet daher ein Frequenzdurchlauf zwischen f_B und f_A statt. Ist gegebenenfalls das Tröpfchen abgeschüttelt worden und wird vom Ultraschallschwinger 1 ein Resonanzverhalten gemäss der in Fig. 2 dargestellten Kennlinie erreicht oder gegebenenfalls wiedererreicht, so erscheinen die Regelschwingungen, der Oszillator 12 wird ausgeschaltet (sein Ausgang wird auf die niedrigere Spannung gesetzt) und durch die Dioden 10 und 11 vom Regelkreis abgekoppelt.

Eine Leistungsregelung am Ultraschallschwinger 1 erfolgt dadurch, dass die durch die Anregungsfrequenz definierte Schwingungsfrequenz f des Ultraschallschwingers 1 zwischen der Serienresonanz und der Parallelresonanz verschoben wird. Kleinste Zerstäuberleistung wird bei Anregung in Parallelresonanz (grosse Blindleistung, geringe Wirkleistung), grösste Zerstäuberleistung bei Serienresonanz (kleine Blindleistung, grosse Wirkleistung) erreicht. Zur Leistungsregelung brauchen daher weder die Anregungsspannung noch das Tastverhältnis verändert zu werden.

Im vorstehenden ist die Erfindung im Zusammenhang mit einem Ultraschallschwinger, insbesondere einem piezoelektrischen Ultraschallschwinger beschrieben worden, dessen Einsatz z.B. in der Flüssigkeitszerstäubung liegt. Die Erfindung ist jedoch ebenfalls auf andere Resonanzsysteme anwendbar, deren Resonanz in einem engen Frequenzband stattfindet und sich dabei in Abhängigkeit von einer physikalischen Grösse stark ändert,

wobei diese Grösse möglichst genau beibehalten werden soll. Die Erfindung eignet sich also allgemein zur Konstanthaltung einer physikalischen Grösse mittels eines Regelkreises, der einen resonanzfähigen Körper umfasst, dessen Resonanzverhalten in einem engen Frequenzband stark von der physikalischen Grösse beeinflusst wird und zur Detektion der Änderungen derselben herangezogen wird.

Ansprüche

1. Verfahren zur Anregung eines Ultraschallschwingers durch die Frequenz eines Ausgangssignals eines spannungsgesteuerten Oszillators, wobei ein Regelkreis die Wirkleistung am Ultraschallschwinger mittels der Anregungsfrequenz zwischen einer Serienresonanz und einer Parallelresonanz des Ultraschallschwingers einstellt, dadurch gekennzeichnet, dass am spannungsgesteuerten Oszillator zusätzlich zu einem Regelungssignal des Regelkreises ein periodisches Zusatzsignal dann angelegt wird, wenn im Regelkreis keine Regelschwingungen oder nur solche auftreten, die kleiner sind als ein vorbestimmter Schwellenwert, wobei die Periode des Zusatzsignals länger ist als die Änderungszeitkonstante des am Steuereingang des spannungsgesteuerten Oszillators angelegten Signals und der Hub des Zusatzsignals so bemessen ist, dass die Frequenz des spannungsgesteuerten Oszillators einen vorbestimmten Frequenzbereich durchläuft, dessen Mitte etwa bei der Frequenz der Serienresonanz liegt und dessen Breite etwa zweimal den Frequenzabstand zwischen der Serienresonanz und der Parallelresonanz beträgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der vom Regelkreis allein erzeugbare Frequenzhub des spannungsgesteuerten Oszillators kleiner ist als der Frequenzabstand zwischen der Frequenz der zu nutzenden Resonanz und der Frequenz der nächstliegenden Resonanz.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die vom Regelkreis am Ultraschallschwinger angelegte Spannung eine konstante Amplitude aufweist.

4. Schaltung zur Ausübung des Verfahrens nach Anspruch 1, mit einem den Ultraschallschwinger (1) und den spannungsgesteuerten Oszillator (7) enthaltenden Regelkreis (1,18,19,21,9,8,7,6,5,4,3,2) zur Konstanthaltung der Wirkleistungsaufnahme des Ultraschallschwingers auf einem Sollwert (19), der in einem Komparator (21) mit der momentanen Wirkleistungsaufnahme des Ultraschallschwingers verglichen wird, und mit einem zweiten Oszillator (12), dessen Ausgang mit dem Steuereingang des spannungsgesteuerten Oszillators (7) verbunden ist, dadurch gekennzeichnet,

dass der zweite Oszillator (12) so geschaltet ist, dass er in Betrieb gesetzt wird, wenn im Regelkreis keine Regelschwingungen oder nur solche auftreten, die kleiner sind als ein vorbestimmter Schwellenwert (14), und dessen Ausgang zumindest über eine Diode (10) mit dem Steuereingang des spannungsgesteuerten Oszillators und zumindest über eine andere Diode (11) mit dem Steuereingang des Komparators (21) verbunden ist.

5. Verwendung des Verfahrens nach Anspruch 1 zur Zerstäubung einer Flüssigkeit durch einen mit einem Zerstäuberteller versehenen Ultraschallschwinger.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

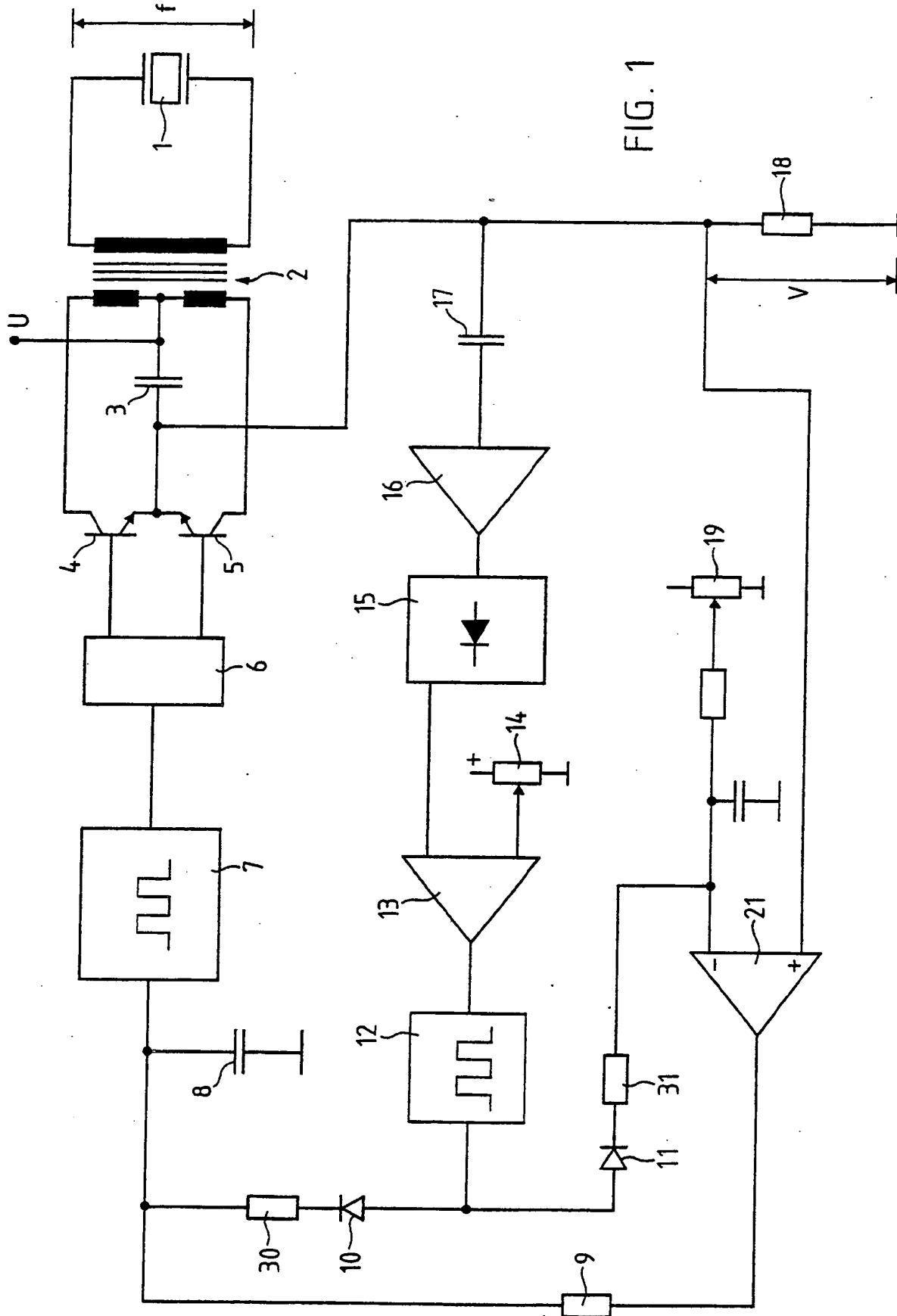
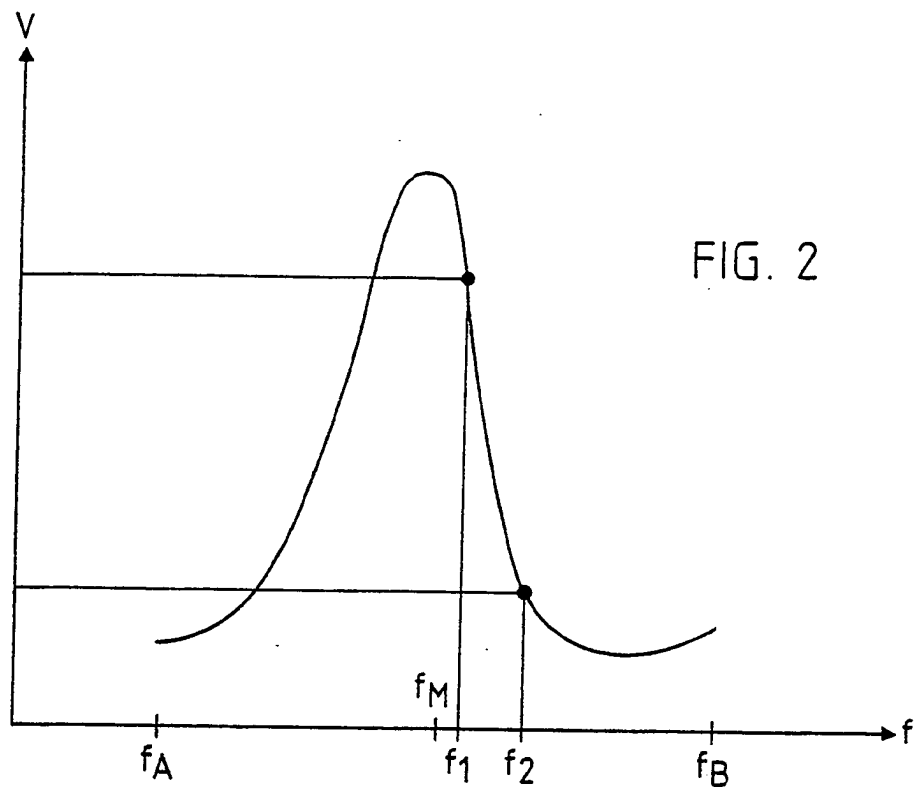


FIG. 1





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 88 11 2934

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.4)
A	DE-A-2 338 503 (MATSUSHITA ELECTRIC IND.) * Seite 8, Zeile 3 - Seite 9, Zeile 5; Seite 9, Letzte Zeile - Seite 17, Zeile 9; Ansprüche 1-4 *	1,3,5	B 06 B 1/02 B 05 B 17/06
A	DE-A-3 013 964 (STRUTZ) * Seite 8, Zeilen 1-8; Seite 10; Zeile 26 - Seite 13, Letzte Zeile; Seite 23, Zeile 17 - Seite 26, Zeile 18 *	1,5	
A	US-A-4 445 064 (BULLIS) * Zusammenfassung; Spalte 3, Zeilen 21-59 *	1,5	
A	US-A-3 432 691 (SHOH) * Insgesamt *	1,5	
A	CH-A- 415 137 (ESSO RESEARCH & ENGINEERING) * Insgesamt *	1,5	
A	US-A-3 975 650 (PAYNE) * Zusammenfassung; Spalte 2, Zeile 29 - Spalte 7, Zeile 6 *	1	
A	US-A-4 583 529 (BRIGGS) * Zusammenfassung; Spalte 3, Zeile 51 - Spalte 5, Zeile 48 *	1	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 02-11-1988	Prüfer OLDROYD D.L.
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

THIS PAGE BLANK (USPTO